

(9)

PCTWELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales BüroINTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICH NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : G01C 15/00, 15/06, G01S 17/42		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/63645
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 26. Oktober 2000 (26.10.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/CH00/00216		(81) Bestimmungsstaaten: AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmeldedatum: 13. April 2000 (13.04.00)			
(30) Prioritätsdaten: 716/99 19. April 1999 (19.04.99) CH			
(71) Anmelder (<i>für alle Bestimmungsstaaten außer US</i>): LEICA GEOSYSTEMS AG [CH/CH]; Mönchmattweg 5, CH-5035 Unterentfelden (CH).			
(72) Erfinder; und		Veröffentlicht	
(75) Erfinder/Anmelder (<i>nur für US</i>): MARKENDORF, Albert [DE/CH]; Gönhardweg 9a, CH-5034 Suhr (CH). LOSER, Raimund [DE/DE]; Hörnsteinweg 2/1, D-79713 Bad Säckingen (DE). HAURI, Bernhard [CH/CH]; Birkenweg 312, CH-5053 Staffelbach (CH).		Mit internationalem Recherchenbericht.	
(74) Anwalt: FREI PATENTANWALTSBÜRO; Postfach 768, CH-8029 Zürich (CH).			
<p>(54) Title: INDIRECT POSITION DETERMINATION WITH THE AID OF A TRACKER</p> <p>(54) Bezeichnung: INDIREKTE POSITIONSBESTIMMUNG MIT HILFE EINES TRACKERS</p> <p>(57) Abstract</p> <p>In order to indirectly determine point positions (P) and/or surface orientations in point positions with the aid of a laser tracker (1) having means for relative and absolute distance measurement, a measuring device having a target point (retroreflector 3) moveable on a trajectory path (A) for the tracker beam is used. The position and orientation of the trajectory path (A) of the target point is precisely defined relative to a reference point (R) of the device (2). The device (2) can be positioned in the area of the point position (P) to be determined in such a way that the position of the reference point (R) is precisely defined relative to the point position (P) to be determined. In order to determine the point position (P), the device (2) is positioned in the area of the point position (P) to be determined, the tracker (1) detects the target point in a starting position (3.1) by determining orientation and absolute distance and the target point is then moved on its trajectory path (A) and followed by the tracker (1), whereby changes in orientation and distance are registered. Determination by detection of the trajectory path (A) is easier and more accurate in comparison with indirect point position determination with the aid of a known measuring device comprising a plurality of stationary target points for the tracker beam.</p>			

(57) Zusammenfassung

Zur indirekten Bestimmung von Punktpositionen (P) und/oder von Oberflächenorientierungen in Punktpositionen mit Hilfe eines Lasertrackers (1) mit Mitteln zur relativen und absoluten Distanzmessung wird eine Messvorrichtung verwendet, die einen auf einer Bewegungsbahn (A) beweglichen Zielpunkt (Retroreflektor 3) für den Trackerstrahl aufweist. Die Position und Orientierung der Bewegungsbahn (A) des Zielpunktes ist relativ zu einem Referenzpunkt (R) der Vorrichtung (2) genau definiert und die Vorrichtung (2) ist im Bereich einer zu bestimmenden Punktposition (P) derart positionierbar, dass die Position des Referenzpunktes (R) relativ zur zu bestimmenden Punktposition (P) genau definiert ist. Für die Bestimmung der Punktposition (P) wird die Vorrichtung (2) im Bereich der zu bestimmenden Punktposition (P) positioniert, wird der Zielpunkt in einer Anfangsposition (3.1) vom Tracker (1) durch Richtungsbestimmung und absolute Distanzmessung erfasst und wird dann der Zielpunkt auf seiner Bewegungsbahn (A) bewegt und vom Tracker (1) verfolgt, wobei Richtungsänderungen und Distanzänderungen registriert werden. Gegenüber einer indirekten Bestimmung einer Punktposition mit Hilfe einer bekannten Messvorrichtung mit einer Mehrzahl von stationären Zielpunkten für den Trackerstrahl ist die Bestimmung über die Erfassung einer Bewegungsbahn (A) einfacher und genauer.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Canada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

INDIREKTE POSITIONSBESTIMMUNG MIT HILFE EINES TRACKERS

Die Erfindung liegt auf dem Gebiete der geometrischen Messtechnik und betrifft eine Vorrichtung nach dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs. Die Vorrichtung dient zur indirekten Bestimmung der Position von Punkten mit Hilfe eines Trackers, wobei zwischen zu bestimmender Punktposition und Tracker keine direkte Sichtverbindung zu bestehen braucht.

Ein Tracker weist ein Mittel zur Erzeugung eines Lichtstrahles, insbesondere eines Laserstrahls auf. Der Laserstrahl wird mit Hilfe eines Spiegels auf einen Zielpunkt in Form eines Retroreflektors gerichtet und von diesem in den Tracker zurückreflektiert. Der Tracker weist ferner Mittel auf, um den Spiegel automatisch derart auszurichten, dass der Weg des reflektierten Strahls möglichst derselbe ist wie der Weg des ausgesendeten Strahls. Diese Mittel erlauben es dem Tracker, mit dem Spiegel bzw. mit dem Laserstrahl einem sich bewegenden Zielpunkt zu folgen. Die Orientierung des Spiegels wird als Messgröße für die Richtung von Tracker zu Zielpunkt registriert. Der Tracker weist ferner ein Interferometer auf, mit dem bei einer Bewegung des Zielpunktes Distanzveränderungen zwischen Tracker und Zielpunkt erfassbar sind (relative Distanzmessung). Gegebenenfalls weist der Tracker auch Mittel zur absoluten Distanzmessung auf, die beispielsweise auf dem Prinzip von Fizeau beruhen.

Tracker werden vornehmlich verwendet zur Ausmessung der Bahn eines sich bewegenden Zielpunktes oder zum Abtasten von Oberflächen, wobei ein Zielpunkt über die Oberfläche bewegt wird. Tracker können aber auch für die Bestimmung der Position von stationären Zielpunkten verwendet werden, wobei diese Positionen durch die (bekannte) Trackerposition, durch die Orientierung des Trackerspiegels (Richtung des Trackerstrahls) und durch die absolute Distanz zwischen Tracker und Zielpunkt gegeben sind. Für derartige direkte Messungen muss eine direkte Sichtverbindung zwischen Zielpunkt und Tracker bestehen, das heisst der Trackerstrahl darf zwischen Tracker und Zielpunkt nicht unterbrochen sein.

5

10 Es wäre aber wünschenswert, wenn mit Hilfe des Trackers auch Positionen von Punkten bestimmbar oder Punkte verfolgbar wären, zu denen vom Traker aus keine direkte Sichtverbindung besteht. Dadurch könnte in vielen Fällen eine Installation einer Mehrzahl von Trackern oder ein Verschieben eines einzelnen Trackers vermieden werden.

15 Zur Vermessung von Punkten, zu denen vom Messinstrument aus keine direkte Sichtverbindung besteht, werden beim Vermessen mit Theodoliten oder beim Vermessen mit digitalen Kameras (Photogrammetrie) Werkzeuge zum indirekten Messen verwendet. Diese Werkzeuge weisen einen Referenzpunkt und mindestens zwei Zielpunkte auf, wobei das Werkzeug derart positionierbar ist, dass der Referenzpunkt und der Punkt mit der zu bestimmenden Position relativ zueinander genau definierte Positionen haben,

20 und wobei die mindestens zwei Zielpunkte und der Referenzpunkt relativ zueinander genau definierte Positionen aufweisen. Soll die Position eines Punktes bestimmt werden, wird das Werkzeug derart positioniert, dass zwischen Referenzpunkt des Werkzeuges und zu bestimmender Punktposition die genannte, genau definierte Relation besteht und dass zwischen Zielpunkten und Messinstrument eine direkte Sichtverbindung besteht. Dann werden die Positionen der Zielpunkte bestimmt und aus den

25 bekannten Positionen der Zielpunkte relativ zueinander wird die Position und mindestens teilweise die Orientierung des Werkzeuges ermittelt. Aus der berechneten Position

und Orientierung des Werkzeuges wird die Position des Referenzpunktes und aus den bekannten relativen Positionen von Referenzpunkt und gesuchtem Punkt wird die Position des gesuchten Punktes berechnet. Es ist ebenfalls bekannt, mit entsprechend ausgerüsteten Werkzeugen, nicht nur die gesuchte Position eines Punktes zu ermitteln sondern auch die Orientierung der Oberfläche, auf der sich dieser Punkt befindet.

Die relativen Positionen von Referenzpunkt und zu bestimmendem Punkt werden rein mechanisch definiert, beispielsweise mit einem Taster, einer Spitze oder mit einem Bolzen mit Bund, oder optisch-mechanisch, beispielsweise über einen virtuellen Punkt, eine Strichplatte oder ein Fadenkreuz. Die Anordnung der Zielpunkte stellt üblicherweise eine einfache geometrische Form dar (Gerade, Kreis, Kugel), da eine solche mathematisch einfach erfassbar ist. Bei den heute üblichen, hohen Rechnerleistungen sind aber auch kompliziertere Anordnungen anwendbar.

Werkzeuge zum Vermessen von Punkten, zu denen keine direkte Sichtverbindung besteht, und/oder zum Vermessen von Oberflächenorientierungen sind beispielsweise beschrieben in der Publikation SE-456454 oder WO91/16598.

Die oben beschriebenen Werkzeuge zur indirekten Bestimmung von Punktpositionen und/oder Oberflächenorientierungen sind auch bei Messungen mit einem Tracker anwendbar, wenn es beispielsweise darum geht, die Position eines Punktes zu bestimmen, von dem aus keine direkte Sichtverbindung zum Tracker besteht. Dafür sind die Zielpunkte als Retroreflektoren auszubilden. Für die Messung ist der Tracker auf einen der Zielpunkte zu richten, ist die Richtung und die absolute Distanz vom Tracker zum anvisierten Zielpunkt zu bestimmen und ist dieses Procedere für alle Zielpunkte des Werkzeuges zu wiederholen. Die ermittelten Messwerte sind dann in bekannter Weise zu verarbeiten.

Ein solches Procedere ist möglich aber eher aufwendig, denn der Traker muss auf jeden einzelnen Zielpunkt ausgerichtet werden, was von Hand zu tun ist oder wofür spezielle Hilfsmittel, beispielsweise eine mit dem Tracker funktionell verbundene, digitale Kamera oder Mittel zur Vergrösserung des Gesichtsfeldes des Trakers bereitzustellen sind.

5. Ferner muss für die Vermessung jedes Zielpunktes eine absolute Distanzmessung durchgeführt werden, eine Messung, die mit den heute zur Verfügung stehenden Mitteln eine Genauigkeit hat, die der Genauigkeit der interferometrischen, relativen Distanzmessung unterlegen ist.

Das genannte, aufwendige Procedere kann vermieden werden, wenn die Zielpunkte auf 10 dem Werkzeug derart nahe beieinander angeordnet werden, dass sie alle bei einer und derselben Trackerausrichtung in dessen sehr engem Gesichtsfeld erscheinen. Es ist aber offensichtlich, dass eine derartige Anordnung nur mit einer beschränkten Genauigkeit vermessbar ist:

Die Erfindung stellt sich nun die Aufgabe, eine Vorrichtung zu schaffen, die bei Vermessungen mittels Tracker anwendbar ist, die wie die oben genannten Werkzeuge zum indirekten Messen insbesondere dazu dient, Positionen von Punkten, zu denen vom Tracker aus keine direkte Sichtverbindung besteht, und/oder Oberflächenorientierungen zu bestimmen, und mit der die genannten Nachteile, die bei Verwendung bekannter Werkzeuge zum indirekten Messen mit einem Tracker auftreten, vermieden werden 15 können. Mit der erfindungsgemässen Vorrichtung soll es also möglich sein, indirekte Messungen mit Hilfe eines Trackers einfach und mit einer für Trackermessungen üblichen, hohen Genauigkeit durchzuführen.

20 Diese Aufgabe wird gelöst durch die Messvorrichtung, wie sie im unabhängigen Patentanspruch definiert ist. Die abhängigen Ansprüche definieren bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Vorrichtung.

Selbstverständlich ist die erfindungsgemäße Vorrichtung auch anwendbar zur Vermessung von Punkten, von denen aus zwar eine direkte Sichtverbindung zum Tracker besteht, für die aber eine indirekte Messung aus anderen Gründen vorteilhaft ist. Ein derartiger Grund besteht beispielsweise für Punkte auf einer Oberfläche auf der kein 5 Retroreflektor derart angeordnet werden kann, dass sein optisches Zentrum in der zu bestimmenden Punktposition liegt. In einem derartigen Falle ist bei direkter Messung die berechnete Position zu korrigieren, wobei die Korrektur nicht nur durch die bekannte Grösse des Retroreflektors (Distanz zwischen zu vermessendem Punkt und optischen Zentrum des Reflektors) sondern auch von der gegebenenfalls nicht einfach bestimmbarer Richtung dieser Distanz. 10

Anstelle der mindestens zwei Zielpunkte, die die bekannten Werkzeuge zur indirekten Bestimmung von Punktpositionen und/oder Oberflächenorientierungen aufweisen und deren Anordnung relativ zum Referenzpunkt genau definiert ist, weist die erfindungsgemäße Messvorrichtung nur einen Zielpunkt in Form eines Retroreflektors auf, wobei 15 dieser eine Zielpunkt auf einer Bewegungsbahn, deren Lage relativ zum Referenzpunkt genau definiert ist, bewegbar ist. Zur Bestimmung der Position und Orientierung der Vorrichtung, wird der Tracker auf den Zielpunkt gerichtet, wird der Zielpunkt auf der Bahn bewegt, derart, dass der Tracker ihm folgen kann, und wird die durchlaufene Bahn oder werden vorgegebene Positionen (z.B. Anfangsposition und Endposition) des 20 Zielpunktes auf der Bahn vermessen. Aus den Messresultaten wird in bekannter Weise die Position und Orientierung der Vorrichtung, daraus die Position des Referenzpunktes und daraus die zu bestimmende Punktposition und/oder Oberflächenorientierung berechnet.

Offensichtlich ist bei dem beschriebenen Vorgehen nur für die Bestimmung der Anfangsposition des Zielpunktes eine Einstellung des Trackers auf den Zielpunkt und eine absolute Distanzmessung notwendig. Für die weiteren Messungen folgt der Tracker 25 dem sich bewegenden Zielpunkt und werden nur noch Distanzveränderungen gemessen

(interferometrische, relative Distanzmessungen), die eine sehr hohe Genauigkeit liefern. Daraus folgt, dass die Bestimmung der Orientierung der Vorrichtung nur auf relativen Distanzmessungen beruht, während die Bestimmung der Position der Vorrichtung auf einer absoluten Distanzmessung beruht. Die bei einer derartigen Messung erreichbare 5 Genauigkeit ist höher als die Genauigkeit einer Methode, in der mit dem Tracker mindestens zwei Zielpunkte auf der Messvorrichtung anvisiert und deren Positionen mittels absoluter Distanzmessung bestimmt werden.

Die absolute Distanz zum einzigen Zielpunkt der Messvorrichtung kann auch mit einer 10 quasi-absoluten Messung ermittelt werden, das heisst, indem das Werkzeug von einer Referenzposition, in der der Zielpunkt vom Tracker in einer bekannten Richtung und einer im voraus genau bestimmten Distanz "sichtbar" ist, in die zu vermessende Position bewegt wird und mit dem Traker bei dieser Bewegung verfolgt wird.

Die Bewegungsbahn des Zielpunktes auf der erfindungsgemässen Messvorrichtung hat 15 vorteilhafterweise eine mathematisch einfach erfassbare Form, das heisst sie ist beispielsweise geradlinig oder kreisbogen-förmig.

Wie bei der Vermessung der mindestens zwei Zielpunkte einer bekannten Vorrichtung zum indirekten Messen, ist es auch für die Messung mit der erfindungsgemässen Vorrichtung notwendig, dass die Vorrichtung während der Messung nicht bewegt wird. Um durch die Bewegung des Zielpunktes auf die Messvorrichtung wirkende Kräfte und 20 dadurch erzeugte Bewegungen der Vorrichtung relativ zum zu vermessenden Punkt zu reduzieren oder zu verhindern, ist es vorteilhaft, die Messvorrichtung fest zu montieren und den Antrieb für die Bewegung des Zielpunktes auf der Vorrichtung anzubringen.

In die Berechnung zur Bestimmung der Position und Orientierung der Messvorrichtung kann ein Kontrollmechanismus eingebaut werden. Entspricht eine durch den Tracker registrierte Bewegungsbahn des Zielpunktes nicht innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches der definierten Bahn des Zielpunktes auf der Messvorrichtung, wird dies 5 als Bewegung der Vorrichtung während der Messung interpretiert und die Messung wird als unbrauchbar verworfen.

Das Messverfahren mit der erfindungsgemässen Messvorrichtung und einige beispielhafte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Messvorrichtung werden anhand der folgenden Figuren mehr im Detail beschrieben. Dabei zeigen:

10. **Figur 1.** eine Aufstellung zur Bestimmung einer Punktposition mit der erfindungsgemässen Messvorrichtung;

Figuren 2 bis 5 beispielhafte Ausführungsformen der erfindungsgemässen Messvorrichtung.

Figur 1 zeigt eine Aufstellung zur indirekten Bestimmung der Position eines Punktes P 15 mit Hilfe eines Trackers 1 und einer erfindungsgemässen Messvorrichtung 2. Ein Hindernis H verhindert eine direkte Sichtverbindung zwischen dem Tracker 1 und der zu bestimmenden Punktposition P. Für die Messung wird die erfindungsgemässen Vorrichtung 2 derart positioniert, dass zwischen Referenzpunkt R und zu bestimmender Punktposition P die definierte Relation besteht (z.B. Vorrichtungsspitze R im gesuchten Punkt P) und dass zwischen dem Retroreflektor 3, der den Zielpunkt der Vorrichtung 20 darstellt, und dem Tracker 1 eine direkte Sichtverbindung besteht und zwar für die ganze Bewegungsbahn (oder mindestens für einen für die Messung genügenden Bereich der Bewegungsbahn). Die Bewegungsbahn ist im dargestellten Beispiel eine geradlinige Schiene, entlang der der Retroreflektor 3 von einer Anfangsposition 3.1, in der der

Retroreflektor strichpunktiert dargestellt ist, in eine Endposition 3.2, in der der Retroreflektor ausgezogen dargestellt ist, bewegbar ist.

Für die Messung wird der Tracker 1 auf den Retroreflektor 3 in seiner Anfangsposition 3.1 ausgerichtet und wird diese Anfangsposition absolut oder auf die Trackerposition 5 bezogen bestimmt. Dann wird der Retroreflektor 3 in die Endposition 3.2 bewegt (Bewegungsbahn bezeichnet mit Pfeil A), wobei ihm der Trackerstrahl folgt (Pfeil B) und die Richtungs- und Distanzveränderungen registriert. In einem Rechner 4, in dem Daten gespeichert sind, die die Bewegungsbahn des Retroreflektors und ihre Position und Orientierung relativ zum Referenzpunkt R definieren, werden anhand der vom Tracker ermittelten Messdaten die Position und Orientierung der Messvorrichtung, die Position des Referenzpunktes R und die Position des Punktes P in an sich bekannter Weise 10 berechnet.

Figur 2 zeigt als beispielhafte Ausführungsform mehr im Detail die bereits in der Figur 1 dargestellte Messvorrichtung 2. Diese ist im wesentlichen stabförmig und weist als 15 Referenzpunkt R eine Spitze auf. Der Zielpunkt ist ein Retroreflektor 3, der auf einer geradlinigen Bahn von einer Anfangsposition 3.1 in eine Endposition 3.2 bewegbar ist. Der Referenzpunkt liegt auf derselben Geraden wie die Bewegungsbahn des Zielpunktes (optischen Zentrums des Retroreflektors 3) und hat einen genau definierten Abstand 20 von der Anfangsposition 3.1 oder von der Endposition 3.2 des Zielpunktes. Das vorliegende System bestehend aus Zielpunkt-Bewegungsbahn und Referenzpunkt stellt somit eine Gerade mit mindestens zwei Positionen mit bekannten Abständen dar und ist somit mit dem wohl einfachsten mathematischen Modell erfassbar.

Der Antrieb für die Bewegung des Retroreflektors 3 ist eine mit dem Retroreflektor 3 25 wirkverbundene Spiralfeder 5, die für die Anfangsposition 3.1 in einem arretierten, gespannten Zustand ist. Sobald der Retroreflektor 3 in der Anfangsposition 3.1 vom Trak-

ker 1 erfasst ist, wird die Federarretierung (nicht dargestellt) gelöst und der Retroreflektor 3 wird durch die Federspannung in die Endposition 3.2 getrieben, wobei die Endposition 3.2 durch einen entsprechenden Anschlag definiert sein kann. Die Feder 5 ist derart auszulegen, dass die Geschwindigkeit, die der Retroreflektor 3 auf seinem 5 Weg von der Anfangsposition 3.1 in die Endposition 3.2 erreicht, für den Tracker nachvollziehbar ist. Sie soll also für heute übliche Tracker eine Größenordnung von 4 m/s nicht überschreiten.

Bei der Verwendung der Messvorrichtung gemäss Figur 1 können zur Berechnung der gesuchten Punktposition die durch den Tracker ermittelte Anfangsposition 3.1 und die 10 ebenfalls durch den Tracker ermittelte Orientierung der Geraden, auf der die Bewegungsbahn und der Referenzpunkt liegen, herangezogen werden oder die durch den Tracker ermittelte Anfangsposition 3.1 und Endposition 3.2.

Figur 3 zeigt schematisch eine weitere, beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Messvorrichtung 2. Die Bewegungsbahn des Retroreflektors 3 ist in diesem 15 Falle eine Kreisbahn (illustriert durch Pfeil A), die beispielsweise derart angeordnet ist, dass sie zusammen mit dem Referenzpunkt R einen Kreiskegel bildet. Der Antrieb für die Bewegung des Retroreflektors 3 ist vorteilhafterweise ein an der Vorrichtung angeordneter Elektromotor.

Da die Bewegungsbahn des Retroreflektors 3 gemäss Figur 3 in sich geschlossen und 20 symmetrisch zum Referenzpunkt angeordnet ist, ist es möglich, eine beliebige Reflektorposition auf der Bewegungsbahn als Anfangsposition zu registrieren und mindestens einen Teil der Bewegungsbahn für die Berechnung der Orientierung der Vorrichtung auszumessen.

Figur 4 zeigt eine weitere, beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung. Diese Vorrichtung weist einen auf einer geradlinigen Bewegungsbahn bewegbaren Retroreflektor 3 auf, und einen Referenzpunkt R, der auf derselben Geraden liegt. Dabei ist der Referenzpunkt R fest mit dem Retroreflektor 3 verbunden und wird mit diesem bewegt, wobei in der Anfangsposition 3.1 die definierte Positionsrelation von Referenzpunkt R und zu bestimmender Punktposition erstellt ist.

Der Vorteil der Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung gemäss Figur 4 gegenüber der Ausführungsform gemäss Figur 2 liegt darin, dass der Retroreflektor relativ zum Referenzpunkt nicht bewegt wird, insbesondere nicht gegen einen Anschlag bewegt wird. Aus diesem Grunde ist die Distanz zwischen dem optischen Zentrum des Reflektors 3 und dem Referenzpunkt R, die für eine genaue Vermessung genau bekannt sein muss, keiner Abnutzungsbedingten Veränderung unterworfen.

Figur 5 zeigt schematisch eine weitere, beispielhafte Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung. Die Vorrichtung weist einen Messstab 7 mit Referenzpunkt-Spitze R auf und einen darauf um eine Drehachse 8 drehbar montierten Reflektorarm 6, der an seinem einen Ende den Zielpunkt (optisches Zentrum des Retroreflektors 3) trägt. Wenn der Reflektorarm 6 gedreht wird, läuft der Reflektor 3 auf einer Kreisbahn (Pfeil A) in einer zur Länge des Messstabes parallelen Ebene. Die Anfangsposition 3.1 des Reflektors, in der der Reflektor 3 bzw. der Reflektorarm 6 in der Figur 5 dargestellt ist, ist beispielsweise diejenige Position in der der Zielpunkt in der genannten Ebene auf der Geraden liegt, die die Drehachse (8) und den Referenzpunkt (R) bzw. deren Projektionen in die genannte Ebene miteinander verbindet. Auch diese Vorrichtung ist mit einem sehr einfachen mathematischen Modell erfassbar. Ferner kann sie mit sehr einfachen Mitteln realisiert und bei geeigneter, reibungsarmer Lagerung des Reflektorarms 6 auf dem Messstab 7 ohne weiteres von Hand betätigt werden.

Es ist keine Bedingung, dass die Anfangsposition des Zielpunktes der in der Figur 5 dargestellten Vorrichtung mit den Projektionen des Referenzpunktes und der Rotationsachse auf einer Geraden liegen. In derselben Weise kann mit minimal mehr Rechenaufwand auch eine andere Anfangsposition des Zielpunktes verwertet werden.

- 5 Für die in den Figuren 2 bis 5 dargestellten Ausführungsformen der erfindungsgemässen Vorrichtung sind keine Befestigungsmittel oder Positionierungsmittel dargestellt, mit denen diese Vorrichtungen in Lokalitäten von Punkten mit zu bestimmenden Positionen, beispielsweise auf entsprechenden Oberflächen befestigbar bzw. definiert positionierbar sind. Derartige Mittel sind dem Fachmann von den bekannten
- 10 Messvorrichtungen mit stationären Zielpunkten bekannt und können von ihm der Verwendung der Vorrichtung entsprechend an den erfindungsgemässen Vorrichtungen angeordnet werden. Dasselbe gilt für die Ausgestaltung der Vorrichtung im Bereich des Referenzpunktes R.

PATENTANSPRÜCHE

1. Messvorrichtung (2) zur indirekten Bestimmung von Punktpositionen (P) und/oder von Oberflächenorientierungen in Punktpositionen mit Hilfe eines Trackers (1), welche Vorrichtung (2) einen Retroreflektor (3) als Zielpunkt für den Strahl des Trackers (1) und einen Referenzpunkt (R) aufweist und welche Vorrichtung (2) im Bereich der zu bestimmenden Punktposition (P) derart positionierbar ist, dass die zu bestimmende Punktposition (P) und die Position des Referenzpunktes (R) relativ zueinander genau definiert sind, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Zielpunkt auf einer relativ zum Referenzpunkt (R) genau definierten Bewegungsbahn (A) bewegbar ist.
10
2. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsbahn (A) des Zielpunktes bzw. des Retroreflektors (3) durch eine Anfangsposition (3.1) und eine Endposition (3.2) definiert ist.
3. Messvorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsbahn (A) durch eine Anfangsposition (A) und ihren Verlauf definiert ist.
15
4. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anfangsposition (3.1) und/oder die Endposition (3.2) des Zielpunktes bzw. des Retroreflektors (3) mechanisch definiert sind.
5. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bewegungsbahn (A) geradlinig ist.
20

6. Messvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt (R) statt mit dem Zielpunkt bzw. mit dem Retroreflektor (3) verbunden ist und dass die Anfangsposition (3.1) des Zielpunktes der relativ zur zu bestimmenden Punktposition (P) genau definierten Position des Referenzpunktes (R) entspricht.
7. Messvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsbahn (A) in sich geschlossen ist.
8. Messvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsbahn (A) kreisförmig ist.
10. 9. Messvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass sie einen Messstab (7) aufweist, an dessen einem Ende der Referenzpunkt (R) angeordnet ist, und einen auf dem Messstab (7) in einer Ebene parallel zur Länge des Messstabes drehbar gelagerten Reflektorarm (6), auf dem der Zielpunkt angeordnet ist, und dass der Reflektorarm (6) in einer Rotationsposition arretierbar ist.
15. 10. Messvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die arretierbare Rotationsposition des Reflektorarmes (6) derart ist, dass in dieser Position der Zielpunkt und die Projektionen der Drehachse (8) des Reflektorarms (6) und des Referenzpunkts (R) auf die Ebene der Kreibahn des Zielpunktes auf einer Gerade liegen.
20. 11. Messvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegungsbahn (A) kreisförmig und symmetrisch zum Referenzpunkt angeordnet ist und dass der Zielpunkt bzw. der Retroreflektor (3) von einer frei wählbaren An-

fangsposition über mindestens einen Teil der kreisförmigen Bewegungsbahn (A) bewegbar ist.

12. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (2) einen Antrieb zur Bewegung des Zielpunktes bzw. Retrotreflektors (3) entlang der Bewegungsbahn (A) aufweist.
5
13. Messvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass der Antrieb eine Feder (5) mit einer Arretierung oder ein Motor ist.
14. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Definition der Relation zwischen zu bestimmender Punktposition (P) und Referenzpunkt (R) eine mechanische oder eine mechanisch-optische ist.
10
15. Messvorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Referenzpunkt (R) auf einer Spitze der Vorrichtung (2) liegt, welche Spitze in der zu bestimmenden Punktposition (P) positionierbar ist.
16. Verfahren zur indirekten Bestimmung einer Punktposition (P) und/oder einer Oberflächenorientierung in einer Punktposition mit Hilfe eines Trackers (1) und einer Messvorrichtung (2) gemäss einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Messvorrichtung (2) im Bereich der zu bestimmenden Punktposition (P) derart positioniert wird, dass der Referenzpunkt (R) der Vorrichtung (2) und die zu bestimmende Punktposition (P) die definierten relativen Positionen einnehmen und derart dass zwischen dem Tracker (1) und der Messvorrichtung (2) eine direkte Sichtverbindung besteht, dadurch gekennzeichnet, dass der Zielpunkt der Messvorrichtung (2) in einer Anfangsposition (3.1) vom Tracker (1) erfasst wird,
15
20

dass die Anfangsposition (3.1) des Zielpunktes durch Bestimmen der Richtung und der Distanz zwischen Trackerposition und Zielpunkt bestimmt wird, dass der Zielpunkt von der Anfangsposition (3.1) auf der Bewegungsbahn (A) bewegt wird, wobei der Trackerstrahl ihm folgt und die Distanzveränderung zwischen
5 Tracker (1) und Zielpunkt registriert und dass anhand der bestimmten Anfangsposition (3.1), anhand der durch den Tracker (1) verfolgten Bewegungsbahn (A) des Zielpunktes und anhand von gespeicherten Werten betreffend Bewegungsbahn (A) und relativer Anordnung von Bewegungsbahn (A) und Referenzpunkt (R) und relativer Anordnung von Referenzpunkt (R) und zu bestimmender Punkt-
10 position (P) die Position und die Orientierung der Messvorrichtung (2), die Position des Referenzpunktes (R) und die zu bestimmende Punktposition (P) und/oder die Oberflächenorientierung in der Punktposition berechnet werden.

1/3

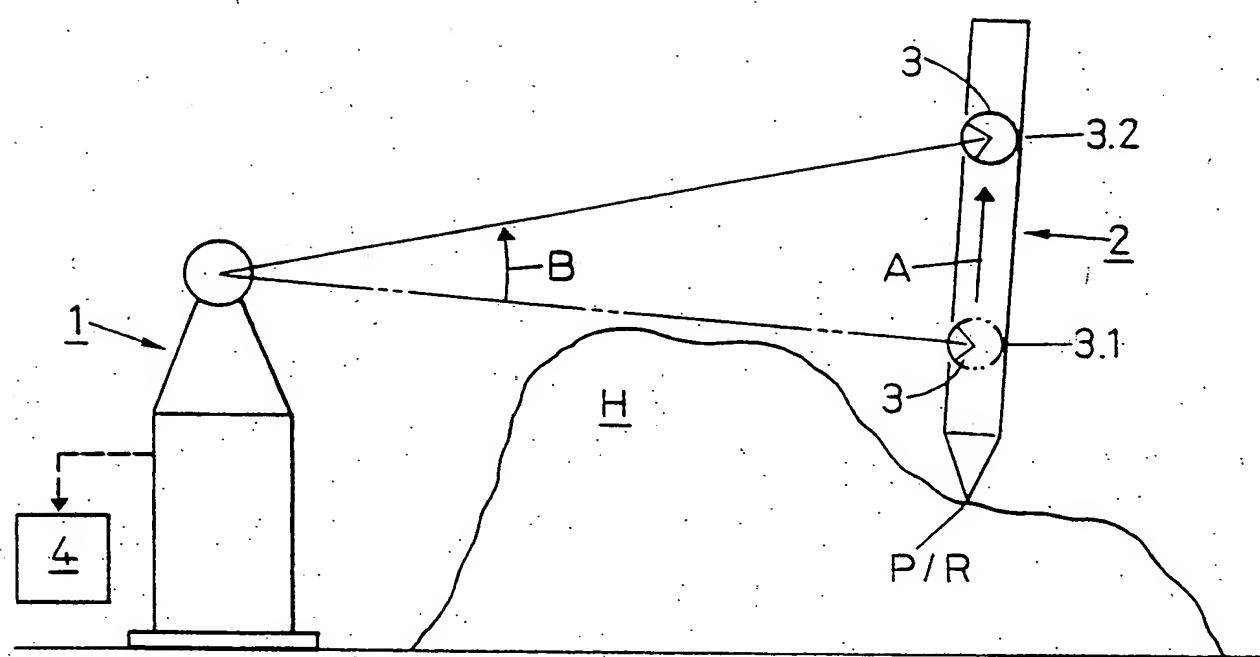


FIG. 1

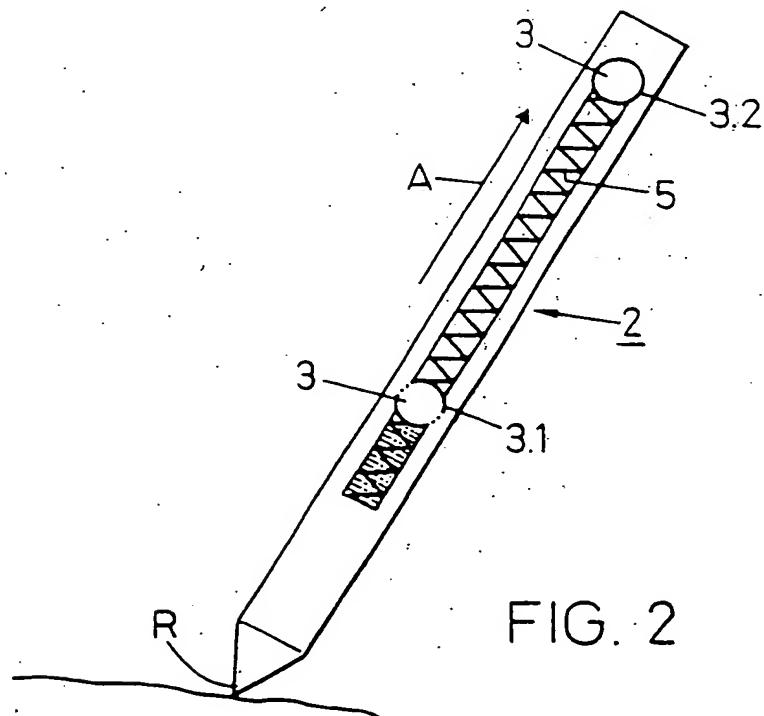
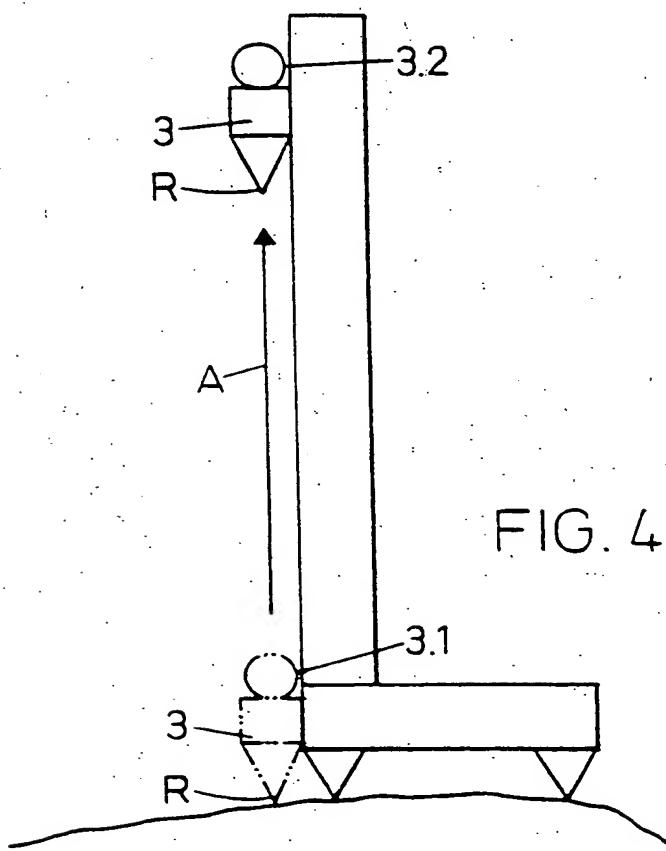
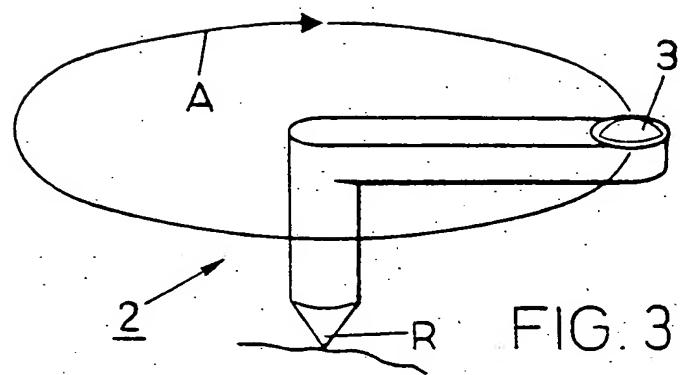


FIG. 2

2/3



3/3

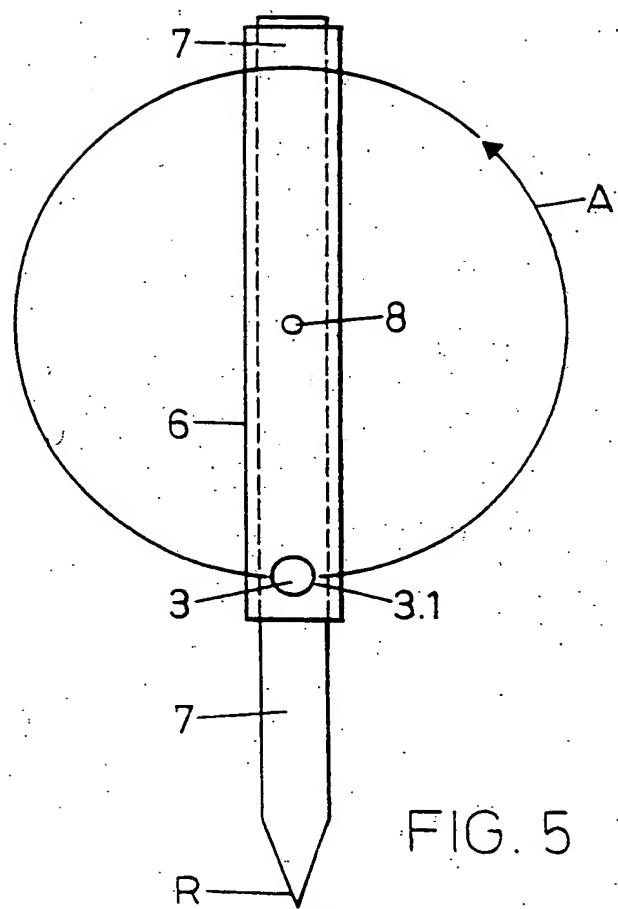


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 00/00216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 IPC 7 G01C15/00 G01C15/06 G01S17/42

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 IPC 7 G01C G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 40 38 521 A (SOKKISHA) 6 June 1991 (1991-06-06) abstract column 9, line 11 - line 32; figure 15 ---	1, 16
A	DE 38 08 972 A (HIPP JOHANN F) 5 October 1989 (1989-10-05) abstract ---	1
A	DE 33 40 317 A (HESSE WALTER) 16 August 1984 (1984-08-16) abstract page 3, line 3 - line 5 ---	1 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

*** Special categories of cited documents :**

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 July 2000

Date of mailing of the international search report

11/07/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentdaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hoekstra, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/CH 00/00216

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 91 16598 A (METRONOR AS ; LINDQVIST DAVID (SE); PETTERSEN ALF (NO); ROETVOLD OE) 31 October 1991 (1991-10-31) cited in the application abstract -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/CH 00/00216

Patent document cited in search report	Publication-date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4038521	A 06-06-1991	JP 3010362 B JP 3175314 A AU 629070 B AU 6705790 A CN 1052370 A,B CN 1143180 A,B FR 2655417 A GB 2238871 A,B GB 2269233 A,B US 5204731 A	21-02-2000 30-07-1991 24-09-1992 06-06-1991 19-06-1991 19-02-1997 07-06-1991 12-06-1991 02-02-1994 20-04-1993
DE 3808972	A 05-10-1989	NONE	
DE 3340317	A 16-08-1984	NONE	
WO 9116598	A 31-10-1991	NO 901831 A AT 115278 T AU 7770891 A CA 2081111 A DE 69105725 D DE 69105725 T EP 0527797 A	28-10-1991 15-12-1994 11-11-1991 26-10-1991 19-01-1995 13-04-1995 24-02-1993

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen
PCT/CH 00/00216

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 G01C15/00 G01C15/06 G01S17/42

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 G01C G01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 40 38 521 A (SOKKISHA) 6. Juni 1991 (1991-06-06) Zusammenfassung Spalte 9, Zeile 11 - Zeile 32; Abbildung 15 ---	1,16
A	DE 38 08 972 A (HIPP JOHANN F) 5. Oktober 1989 (1989-10-05) Zusammenfassung ---	1
A	DE 33 40 317 A (HESSE WALTER) 16. August 1984 (1984-08-16) Zusammenfassung Seite 3, Zeile 3 - Zeile 5 ---	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen
- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmelde datum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Aussistung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmelde datum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmelde datum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
4. Juli 2000	11/07/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl. Fax: (+31-70) 340-3016	Hoekstra, F

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int. nationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00216

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 91 16598 A (METRONOR AS ; LINDQVIST DAVID (SE); PETTERSEN ALF (NO); ROETVOLD OLE) 31. Oktober 1991 (1991-10-31) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung -----	1
1		

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/CH 00/00216

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
DE 4038521	A 06-06-1991	JP	3010362 B	21-02-2000
		JP	3175314 A	30-07-1991
		AU	629070 B	24-09-1992
		AU	6705790 A	06-06-1991
		CN	1052370 A, B	19-06-1991
		CN	1143180 A, B	19-02-1997
		FR	2655417 A	07-06-1991
		GB	2238871 A, B	12-06-1991
		GB	2269233 A, B	02-02-1994
		US	5204731 A	20-04-1993
DE 3808972	A 05-10-1989	KEINE		
DE 3340317	A 16-08-1984	KEINE		
WO 9116598	A 31-10-1991	NO	901831 A	28-10-1991
		AT	115278 T	15-12-1994
		AU	7770891 A	11-11-1991
		CA	2081111 A	26-10-1991
		DE	69105725 D	19-01-1995
		DE	69105725 T	13-04-1995
		EP	0527797 A	24-02-1993